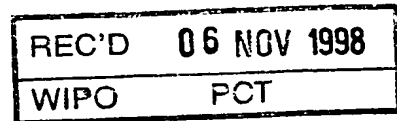


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Bescheinigung

Die ROBERT BOSCH GMBH in Stuttgart/Deutschland hat eine
Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Ellipsometer-Meßvorrichtung"

am 11. August 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue
Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patent-
anmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Sym-
bole G 01 B und G 01 J der Internationalen Patentklassifika-
tion erhalten.

München, den 26. August 1998
Der Präsident des Deutschen Patentamts
Im Auftrag

Brand

Zeichen: 197 34 646.4



BEST AVAILABLE COPY

25.07.1997 - f/vey

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

Ellipsometer-Meßvorrichtung

Stand der Technik

10

15

20

Die Erfindung bezieht sich auf eine Ellipsometer-Meßvorrichtung zum Bestimmen der Dicke einer auf einem Substrat aufgetragenen Schicht mit einer einen Eingangsstrahl abgebenden Lichtquelle, einer den polarisierten Eingangsstrahl zu einem Auftreffpunkt des Substrats leitenden Sendeoptik und einer den am Auftreffpunkt gebildeten Reflexionsstrahl zu einer Fotoempfängereinrichtung leitenden, einen Analysator aufweisenden, Empfangsoptik, wobei die Polarisationsrichtung des Eingangsstrahls und des Analysators zeitlich relativ zueinander geändert und die dadurch erzeugten Intensitätsänderungen mittels einer Auswerteeinrichtung zur Bestimmung der Schichtdicke ausgewertet werden.

Eine derartige Ellipsometer-Meßvorrichtung ist in Bosch Technische Berichte, Band 4 (1974), Heft 7, Seiten 315 bis 320 beschrieben. Mit einer derartigen Meßvorrichtung kann z.B. die Dicke von Schutzschichten auf aluminiumbe-

5

10

15

20

25

schichteten Scheinwerferreflektoren in Form eines Spiegelparaboloids mit großem Öffnungsverhältnis gemessen werden, wobei die Schichtdicken im Bereich von 10 bis 50 nm liegen und eine Auflösung in der Größenordnung eines Nanometers erreichbar ist. Hierzu wird ein polarisierter Einfallsstrahl unter vorgegebenem Einfallswinkel auf einen Meßpunkt des Scheinwerferreflektors gerichtet und unter einem ebenfalls fest vorgegebenen Winkel reflektiert. Der reflektierte Strahl ist elliptisch polarisiert und wird zum Bestimmen der Elliptizität durch einen rotierenden Analysator auf einen Fotoempfänger geleitet, an dem entsprechend der Elliptizität Intensitätsschwankungen des Lichtsignals erfaßt werden. Die Elliptizität und damit die Intensitätsänderung ist abhängig von der Schichtdicke, so daß diese in einer nachgeschalteten Auswerteeinrichtung bestimmt werden kann. Der Winkel des Einfallsstrahls bzw. des Reflexionsstrahls bezüglich der Tangentialebene bzw. der Normalen im Meßpunkt ist häufig schwierig einstellbar, und eine genaue Justierung ist an schwer zugänglichen Stellen oder wechselnden Krümmungsverläufen, wie bei modernen Scheinwerfern, kaum möglich.

Vorteile der Erfindung

30

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Ellipsometer-Meßvorrichtung der eingangs angegebenen Art bereitzustellen, die bei einfacher Justierung und Handhabung auch an schwer zugänglichen Stellen und bei unterschiedlichen Krümmungsverläufen genaue Meßergebnisse liefert.

5

10

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hiernach ist also eine Winkelmeßeinrichtung vorgesehen, mit der der Winkel des Reflexionsstrahls relativ zu einer Tangentialebene des Substrats am Auftreffpunkt erfaßbar ist und daß die Schichtdicke mittels der Auswerteeinrichtung in Abhängigkeit des erfaßten Winkels bestimmbar ist. Dadurch, daß der Winkel des Reflexionsstrahls erfaßt und zur Berechnung der Schichtdicke mit ausgewertet wird, kann die Meßvorrichtung auf einfache Weise auf der Schicht aufgesetzt und die Messung leicht vorgenommen werden. Der sich ergebende Winkel wird dabei automatisch genau berücksichtigt und bei der Berechnung der Schichtdicke nach an sich bekannten Algorithmen einbezogen.

20

Die Messung des Winkels kann auf einfache Weise dadurch erfolgen, daß die Winkelmeßeinrichtung eine in x- und/oder y-Richtung positionsempfindliche Fotoempfängereinheit sowie eine Auswertestufe aufweist, mit der aus den Positionsdaten und aus Abstandsdaten der Reflexionswinkel errechenbar ist. Untersuchungen haben ergeben, daß bereits eine eindimensionale Winkelerfassung zu guten Meßergebnissen für die Schichtdicke führt.

25

Der einfache Aufbau wird dadurch begünstigt, daß die Intensitätsänderungen und die Position des Reflexionsstrahls mit demselben Fotoempfänger der Fotoempfängereinrichtung erfaßt werden.

30

Eine weitere Möglichkeit für eine einfache Bestimmung des Winkels besteht darin, daß die Fotoempfängereinheit zwei in unterschiedlichem Abstand von dem Auftreffpunkt im Strahlengang des Reflexionsstrahls angeordnete positionsempfindliche Fotoempfänger aufweist und daß der Winkel auf der Grundlage der unterschiedlichen Positionen des Reflexionsstrahls auf den beiden Fotoempfängern errechnet wird. Auch hierbei kann einer der Fotoempfänger gleichzeitig

5

zur Messung der Intensitätsänderungen des Reflexionsstrahls ausgenutzt werden.

10

Bei Bestimmung des Winkels mittels zweier Fotoempfänger kann der Aufbau beispielsweise derart sein, daß in dem Strahlengang des Reflexionsstrahls vor den beiden Fotoempfängern ein Strahlteiler angeordnet ist und daß jeder Fotoempfänger einen Teilstrahl des Reflexionsstrahls empfängt. Alternativ können die beiden Fotoempfänger auch hintereinander angeordnet sein, wobei ein Teil des Reflexionsstrahls den vorderen Fotoempfänger durchläuft.

15

Bei Verwendung nur eines Fotoempfängers ist vorteilhaft vorgesehen, daß vor der Fotoempfängereinrichtung eine Sammellinse angeordnet ist.

20

Die einfache Handhabung wird dadurch unterstützt, daß die Sendeoptik und die Empfangsoptik in einem gemeinsamen Träger integriert sind und daß der Träger zum Aufstellen auf der Schicht eine Dreipunktauflage aufweist. Durch diesen Aufbau wird stets auch eine eindeutige Auflage auf der Schicht gewährleistet. Die Dreipunktauflage kann dabei z.B. in einer Kugelauflage bestehen, durch die einerseits eine punktuelle Auflage an den drei Auflagestellen gewährleistet ist und andererseits eine Beschädigung der Schicht vermieden wird.

25

Zum Erzielen zuverlässiger Meßergebnisse hat sich ein Aufbau als vorteilhaft erwiesen, bei dem die Sendeoptik im Strahlengang des Eingangsstrahls einen Polarisator und eine $\lambda/4$ -Platte aufweist und daß der Polarisator oder der Analysator um eine zu seiner Fläche normale Achse rotierend antreibbar angeordnet ist.

30

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ellipsometer-Meßvorrichtung in teilweise geschnittener Seitenansicht und

Fig. 2 eine Seitenansicht einer weiteren Ellipsometer-Meßvorrichtung.

Fig. 1 zeigt ein Meßobjekt 1 aus einem Substrat und einer auf dessen konkav gewölbten Innenseite aufgetragenen Schicht, deren Dicke an einem Meßpunkt P mittels einer Meßanordnung 2 gemessen werden soll.

Die Meßanordnung 2 besitzt einen Laser 3, eine diesem vorgeschaltete Linse 4, einen Lichtleiter 6, eine Meßsonde 5 sowie eine Auswerteeinrichtung 7. Der von dem Laser 3 erzeugte Lichtstrahl gelangt über die vorgeschaltete Linse 4 und den Lichtleiter 6 als Eingangsstrahl 9 in die Meßsonde 5 und wird mit dieser über eine Sendeoptik mit einer Linse 5.1, einem Polarisator 5.2 und einer $\lambda/4$ -Platte 5.3 auf den Meßpunkt bzw. Auftreffpunkt P des Meßobjekts 1 gerichtet.

Der an dem Auftreffpunkt P reflektierte Strahl in Form des Reflexionsstrahls 10 durchläuft in einer Empfangsoptik einen rotierend angetriebenen Analysator 5.4, einen Filter 5.5 sowie eine Sammellinse 5.6 und wird von dieser auf einem Fotoempfänger 5.7 fokussiert. Der Fotoempfänger 5.7 gehört zu einer Fotoempfangereinrichtung, die einerseits Intensitätsschwankungen des Reflexionsstrahls 10 und andererseits den Auftreffort auf dem Fotoempfänger 5.7 feststellt. Der Fotoempfänger 5.7 kann beispielsweise ein positionsempfindlicher Detektor

5

10

(PSD) oder eine CCD-Kamera sein. In der Auswerteeinrichtung 7 ist ein Positionsmesser 7.1 für eine x- und/oder y-Position vorgesehen. Unter Berücksichtigung des Abstands von dem Auftreffpunkt P wird der x- und/oder y-Winkel berechnet. Zum andern ist ein Intensitätsmesser 7.2 vorgesehen, der die durch die Rotation des Analysators 5.7 erzeugten Intensitätsschwankungen des Reflexionsstrahls 10 erfaßt und zur Berechnung der Elliptizität dient.

15

Aus der Elliptizität läßt sich unter Einrechnung des aus dem x- und/oder dem y-Winkel ermittelten Reflexionswinkels die Schichtdicke nach an sich bekannten Algorithmen ermitteln. Zur Bestimmung der Schichtdicke können dabei z.B. auch empirische, tabellierte Werte herangezogen werden, die in einem Speicher abgelegt sind.

20

25

30

35

Während bei dem Aufbau nach Fig. 1 derselbe Fotoempfänger 5.7 für die Messung der Intensitätsänderung und die Berechnung des Winkels ausgenutzt wird, sind bei dem ansonsten entsprechenden Aufbau gemäß Fig. 2 zwei Fotoempfänger 5.7 und 5.8 zur Bestimmung des Winkels vorgesehen, die von dem Auftreffpunkt P unterschiedlichen Abstand haben. Der Reflexionsstrahl 10 wird an einem Strahlteiler 5.9 in zwei Teilstrahlen aufgeteilt, die unterschiedliche Weglängen bis zu den zugeordneten Fotoempfängern 5.7 bzw. 5.8 durchlaufen. Aus den auf den beiden Fotoempfängern 5.7 und 5.8 unterschiedlichen x- und/oder y-Positionen können in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Weglängen der x- und y-Winkel und daraus der Reflexionswinkel ermittelt werden. Einer der beiden Fotoempfänger 5.7 und 5.8 kann gleichzeitig für die Intensitätsmessung herangezogen werden. In Fig. 2 sind auch der Winkel α des Einfallstrahls 9 bezüglich einer Tangentialebene am Auftreffpunkt P, der Winkel β des Reflexionsstrahls 10 ebenfalls bezüglich der Tangentialebene sowie ein Winkel γ zwischen dem Einfallstrahl und dem Reflexionsstrahl angegeben.

5

10

Anstelle des in Fig. 1 gezeigten, um eine Flächennormale drehbaren Analysators 5.4 kann dieser auch durch einen feststehenden Analysator ersetzt werden und stattdessen ein rotierender Polarisator 5.2 in der Sendeoptik vorgesehen werden. Es hat sich gezeigt, daß damit die Zuverlässigkeit der Meßergebnisse erhöht werden kann.

15

20

Die Sendeoptik und die Empfangsoptik sind in einem gemeinsamen Träger eingebaut, der mit einer Dreipunktauflage, vorzugsweise in Form von Kugeln oder Kugelkalotten versehen, so daß eine eindeutige Auflage der Meßvorrichtung auf dem Meßobjekt 1 auch an schwer zugänglichen Stellen und bei unterschiedlichen Krümmungen erzielt wird. Die Meßvorrichtung ist als Sonde leicht handhabbar und wegen der automatischen Erfassung des Winkels des Reflexionsstrahls einfach zu justieren.

25.07.1997 - fle/wey

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 STUTTGART

Ansprüche

1. Ellipsometer-Meßvorrichtung zum Bestimmen der Dicke einer auf einem Substrat aufgetragenen Schicht mit einer einen Eingangsstrahl (9) abgebenden Lichtquelle (3), einer den polarisierten Eingangsstrahl (9) zu einem Auftreffpunkt (P) des Substrats leitenden Sendeoptik und einer den am Auftreffpunkt (P) gebildeten Reflexionsstrahl (10) zu einer Fotopmpfängereinrichtung (5.7, 5.8) leitenden, einen Analysator (5.4) aufweisenden Empfangsoptik, wobei die Polarisationsrichtung des Eingangsstrahls (9) und des Analysators (5.4) zeitlich relativ zueinander geändert und die dadurch erzeugten Intensitätsänderungen mittels einer Auswerteeinrichtung (7) zur Bestimmung der Schichtdicke ausgewertet werden,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Winkelmeßeinrichtung (5.7, 5.8, 7.1) vorgesehen ist, mit der der Winkel (β) des Reflexionsstrahls (10) relativ zu einer Tangentialebene des Substrats (1) am Auftreffpunkt (P) erfaßbar ist und
daß die Schichtdicke mittels der Auswerteeinrichtung (7) in Abhängigkeit des erfaßten Winkels (β) bestimmbar ist.

5

2. Meßvorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

10

daß die Winkelmeßeinrichtung eine in x- und/oder y-Richtung positionsempfindliche Fotoempfängereinheit (5.7, 5.8) sowie eine Auswertestufe aufweist, mit der aus den Positionsdaten und aus Abstandsdaten der Reflexionswinkel (β) errechenbar ist.

15

3. Meßvorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Intensitätsänderungen und die Position des Reflexionsstrahls (10) mit demselben Fotoempfänger (5.7) der Fotoempfängereinrichtung erfaßt werden.

20

4. Meßvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,

25

daß die Fotoempfängereinheit zwei in unterschiedlichem Abstand von dem Auftreffpunkt (P) im Strahlengang des Reflexionsstrahls (10) angeordnete positionsempfindliche Fotoempfänger (5.7, 5.8) aufweist und daß der Winkel (β) auf der Grundlage der unterschiedlichen Positionen des Reflexionsstrahls (10) auf den beiden Fotoempfängern (5.7, 5.8) errechnet wird.

30

5. Meßvorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

daß in den Strahlengang des Reflexionsstrahls (10) vor den beiden Fotoempfängern (5.7, 5.8) ein Strahlteiler (5.9) angeordnet ist und

5

daß jeder Fotoempfänger (5.7, 5.8) einen Teilstrahl des Reflexionsstrahls (10) empfängt.

10

6. Meßvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Fotoempfängereinrichtung (5.7) eine Sammellinse (5.6) angeordnet ist.

15

7. Meßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeoptik und die Empfangsoptik in einem gemeinsamen Träger integriert sind und daß der Träger zum Aufstellen auf der Schicht eine Dreipunktauflage aufweist.

20

8. Meßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeoptik im Strahlengang des Eingangsstrahls (9) einen Polarisator (5.2) und eine $\lambda/4$ -Platte aufweist und daß der Polarisator (5.2) oder der Analysator (5.4) um eine zu seiner Fläche normale Achse rotierend antreibbar angeordnet ist.

25

30

25.07.1997 - fle/vey

10

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 STUTTGART

Ellipsometer-Meßvorrichtung

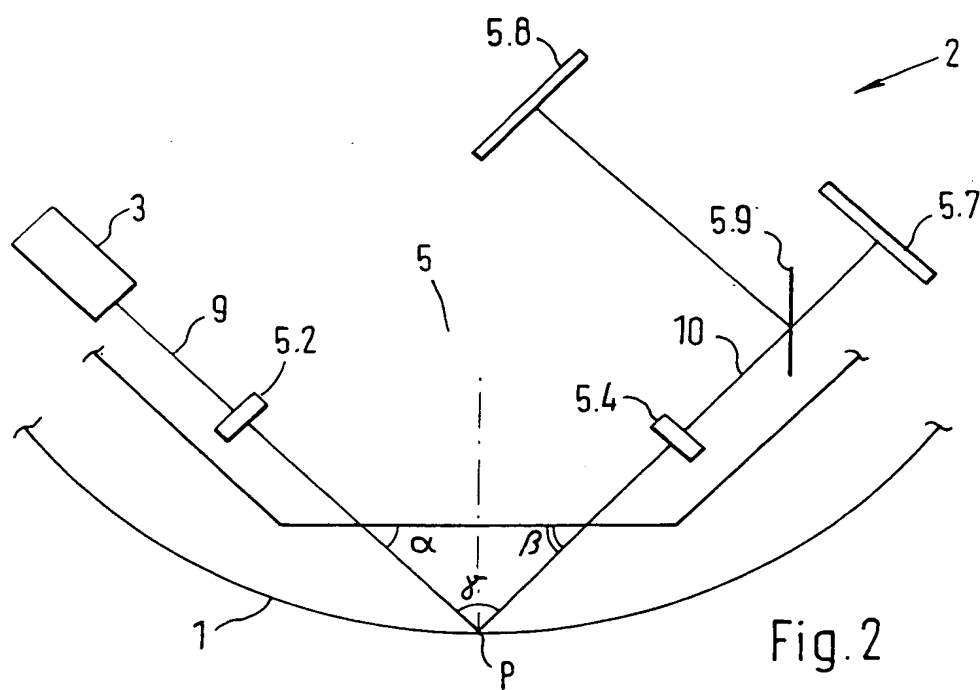
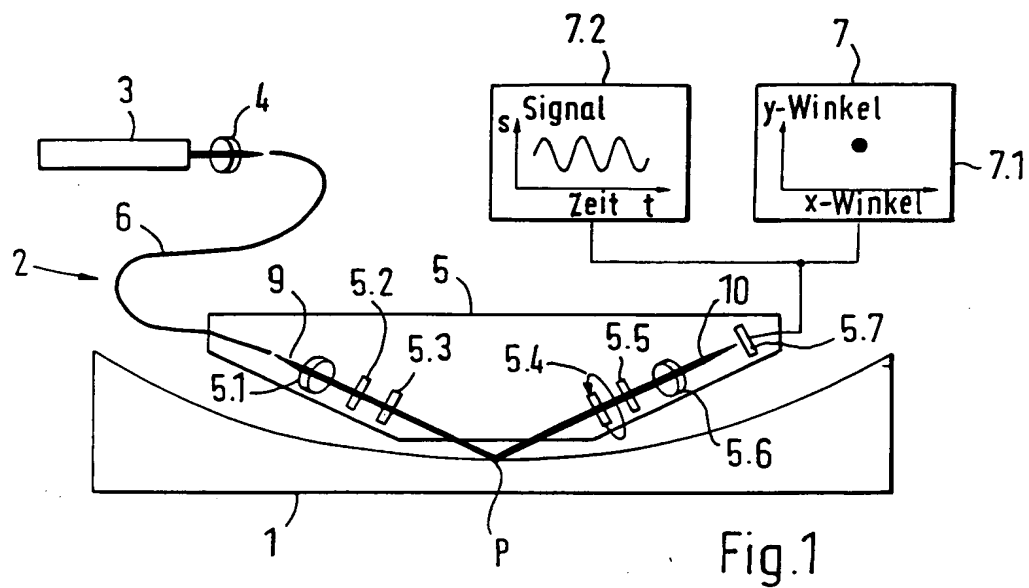
35

Zusammenfassung

20

Die Erfindung bezieht sich auf eine Ellipsometer-Meßvorrichtung zum Bestimmen der Dicke einer auf einem Substrat aufgebraute Schicht mit einer einen Eingangsstrahl (9) abgebenden Lichtquelle (3), einer den polarisierten Eingangsstrahl (9) zu einem Auftreffpunkt (P) des Substrats leitenden Sendeoptik und einer den am Auftreffpunkt (P) gebildeten Reflexionsstrahl (10) zu einer Fotoempfängereinrichtung (5.7) leitenden, einen Analysator (5.4) aufweisenden Empfangsoptik, wobei die Polarisationsrichtung des Eingangsstrahls (9) und des Analysators (5.4) zeitlich relativ zueinander geändert und die dadurch erzeugten Intensitätsänderungen mittels einer Auswerteeinrichtung (7) zur Bestimmung der Schichtdicke ausgewertet werden. Eine einfache Handhabung und genaue Messung der Schichtdicke wird auch an schwer zugänglichen und unterschiedlich gekrümmten Meßobjekten dadurch erzielt, daß eine Winkelmeßeinrichtung (5.7, 7.1) vorgesehen ist, mit der der Winkel (β) des Reflexionsstrahls (10) relativ zu einer Tangentialebene des Substrats am Auftreffpunkt (P) erfaßbar ist und daß die Schichtdicke mittels der Auswerteeinrichtung (7) in Abhängigkeit des erfaßten Winkels (β) bestimmbar ist. (Fig. 1)

30



This Page Blank (uspto)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)